

**ANALISA DAMPAK PENAMBAHAN DISTRIBUTED  
GENERATION TERHADAP SISTEM PROTEKSI  
PENYULANG GONDANG REJO 4**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**RANDY NUR OKTAVIAN**

**D 400 181 137**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2019**



Scanned with

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

**Analisa Dampak Penambahan Distributed Generation Terhadap Sistem  
Proteksi pada Penyulang Gondang Rejo 4**

## **PUBLIKASI ILMIAH**

oleh :

**RANDY NUR OKTAVIAN**

**D400181137**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen-Pembimbing



**UMAR. ST., MT.**

**NIK. 731**



Scanned with  
CamScanner

## **HALAMAN PENGESAHAN**

**Analisa Dampak Penambahan Distributed Generation Terhadap Sistem  
Proteksi pada Penyulang Gondang Rejo 4**

**OLEH**  
**RANDY NUR OKTAVIAN**  
**D400181137**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Fakultas Teknik Jurusan  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari senin, 30 Desember 2019  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
Dewan Penguji :**

**1. Umar, S.T, M.T**

**(Ketua Dewan Penguji)**

  
(.....)

**2. Tindyo Prasetyo, S.T, M.T**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

  
(.....)

**3. Aris Budiman, S.T, M.T**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

  
(.....)

**Dekan,**  
  
**Ir. H. Sumarjono, M.T, Ph.D**  
**NIK.628**





Scanned with  
CamScanner

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak dapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan orang lain , kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam dalam daftar pustaka .

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas , maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 10 November 2019

Penulis

**RANDY NUR OKTAVIAN**

**D400181137**

## **ANALISA DAMPAK PENAMBAHAN DISTRIBUTED GENERATIN TERHADAP SISTEM PROTEKSI PENYULANG GONDANG REJO 4**

### **Abstrak**

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengaman terhadap peralatan listrik, lingkungan dan sistem yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam dan kesalahan operasi. Sistem distribusi terdapat peralatan proteksi yang bertujuan untuk menjaga keandalan. Koordinasi proteksi bertujuan untuk mengamankan sistem distribusi dari gangguan baik itu gangguan antar fase maupun gangguan fase tanah. Koordinasi proteksi terdapat zona proteksi yaitu daerah yang diamankan masing-masing peralatan proteksi yang terpasang pada sistem distribusi. Penelitian ini menganalisis sistem proteksi pada jaringan 20 kV akibat dari penambahan *Distributed Generation (DG)* dengan memodelkan ke dalam *ETAP* ( *Electrical Transient Analysis Program*). Selanjutnya memasukan data yang telah di dapatkan dari PT PLN (persero) UP3 Surakarta dan PLTSa Cempo Putri ke dalam *software ETAP*. Cara yang dilakukan dengan membandingkan titik sebelum penambahan *Distributed Generation (DG)* dan setelah penambahan *Distributed Generation (DG)*. Hasil simulasi menunjukan pengaruh *Distributed Generation (DG)* terhadap sistem proteksi pada jaringan 20 kV tidak akan mengganggu koordinasi proteksi pada penyulang Gondang Rejo 4.

**Kata Kunci :** Arus hubung singkat, *Distributed generation (DG)*, Etap, Sistem proteksi

### **Abstract**

Protection system is a safety for electrical equipment, environment and system caused by technical problems, natural disruptions and operating errors. Distribution system have protective equipment that aims to maintain reliability. Protection coordination aims to secure the distribution system from disturbances both inter phase interferences and ground phase interruptions. Protection coordination is a protection zone, which is the area that is protected by each protection equipment installed in the distribution system. This study analyzes protection system on 20 kV network due to the additional Disributed Generation (DG) by modeling it into ETAP ( Electrical Transient Analysis Program). Then enter data that has been obtained from PT PLN (persero) UP3 Surakarta and PLTSa Putri Cempo into software ETAP. Method is done by comparing the point before adding Distributed Generation (DG) and after adding Distributed Generation (DG). Simulation result show effect of Distributed Generation (DG) on the protection system on 20 kV network will not interfere with the coordination of protection in the feeder Gondang Rejo 4.

**Keyword :** Short circuit current, Distributed Generation (DG), ETAP, Protection System

## 1. PENDAHULUAN

Zaman modern seperti saat ini sudah banyak negara-negara di kawasan Eropa dan Amerika telah mengembangkan konsep *distributed generation* (DG) dalam mendukung kebutuhan energi listrik. *Distributed generation* (DG) dapat didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik yang dihubungkan ke jaringan distribusi. Sumber energi listrik pada *distributed generation* memanfaatkan energi listrik terbarukan maupun teknologi non terbarukan.

Negara Indonesia mempunyai potensi energi terbarukan seperti biomassa, energi angin, energi surya dan energi air maka potensi tersebut perlu dikembangkan. Hal ini sejalan dengan program nasional untuk menciptakan keamanan pasokan energi melalui pemanfaatan energi terbarukan. Salah satunya seperti pengadaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Putri Putri di Solo. Pembangkit tersebut mempunyai peranan yang cukup penting dalam kebutuhan memenuhi energi listrik untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Penyaluran energi listrik untuk pelanggan melewati sistem distribusi yang mana dapat terjadi banyak gangguan, baik faktor internal maupun eksternal jaringan. Tindakan untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan pemasangan peralatan proteksi yang berupa relai arus lebih (OCR) yang mengamankan gangguan 2 fasa maupun 3 fasa serta relai gangguan tanah (GFR) untuk mengamankan gangguan fasa - tanah. Kedua relai tersebut terpasang pada Gardu Induk serta gardu hubung jaringan distribusi. Pada gardu hubung jaringan distribusi, relai-relai tersebut berada dalam peralatan *recloser*. Peralatan proteksi tersebut akan mengamankan sistem dari gangguan listrik dengan cara memisahkan bagian sistem yang mengalami gangguan, sehingga daerah yang padam karena gangguan dapat dipersempit serta mengamankan lingkungan di sekitar area gangguan tersebut.

Pembangunan *distributed generation* yaitu PLTSA Putri Cempo masih dalam tahap pembangunan, dengan adanya penelitian ini harapannya dapat membantu sistem koordinasi proteksi pada jaringan Gondang Rejo 4 bagi PT PLN (persero) UP3 Surakarta dan PLTSA Putri Cempo.

Peneliti telah menganalisa beberapa penelitian, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang peneliti lakukan. Penelitian yang pertama yang berhasil ditemukan adalah penelitian yang dilakukan oleh Hudananta, Septiantoro. 2017. Hasil Simulasi dan analisis performa proteksi arus lebih, gangguan *upstream* tidak menyebabkan gangguan stabilitas pada sistem DG sehingga performa proteksi arus lebih tidak mengalami perubahan. Gangguan *downstream* di sepanjang jaringan dan DG bekerja menyebabkan DG dalam keadaan lepas dari *grid* dan beban. Penelitian yang kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh Ashifa, Danu. 2018. Proses *upgrading* trafo tenaga pada 16 MVA ke 60 MVA menyebabkan perubahan sistem proteksi pada jaringan distribusi dikarenakan proses perhitungan setting menggunakan parameter impedansi trafo tenaga. Penelitian yang ketiga adalah penelitian yang dilakukan oleh khomarudin, riki. 2019. Hasil penelitian menunjukan metode algoritma antlion opmization bias digunakan untuk menentukan kapasitas dan lokasi Distributed Generation (DG) ditandai dengan kenaikan profil tegangan. Penelitian yang keempat adalah penelitian yang dilakukan oleh Maudya, Eka. 2017. Analisis tentang perbandingan sistem koordinasi proteksi pada jaringan 20 Kv, menunjukan perbedaan antara yang digunakan di lapangan dan hasil dari perhitungan yang dilakukan. Penelitian yang kelima adalah penelitian yang dilakukan oleh Triana, Eri. 2018. Perencanaan sistem proteksi penyulang baru di jaringan 20 Kv menghasilkan simulasi arus gangguan, penempatan titik recloser, pembagian zona proteksi dan setting nilai proteksi. Penelitian yang keenam adalah penelitian yang dilakukan oleh Sukumar, Shivashankar. 2017. Strategi proteksi untuk mengurangi dampak *distributed generation* pada jaringan distribusi, menghasilkan kriteria strategi perlindungan yang baik berupa keandalan, selektivitas, kecepatan dan efisien. Penelitian yang ketujuh adalah penelitian yang dilakukan oleh Singh, Manohar. 2017. Sistem koordinasi proteksi pada jaringan distribusi dengan dan tanpa *distributed generation*, menghasilkan Penambahan *distributed generation* pada jaringan distribusi menciptakan proteksi baru.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi *setting* koordinasi proteksi sebelum dan setelah di pasang *distributed generation* pada jaringan distribusi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0.

## **2. METODE**

### **2.1 Rancangan Penelitian**

Agar setiap langkah dan tujuan dapat dilakukan dengan baik, penulis membuat rancangan penelitian sebagai berikut :

1. Studi literatur

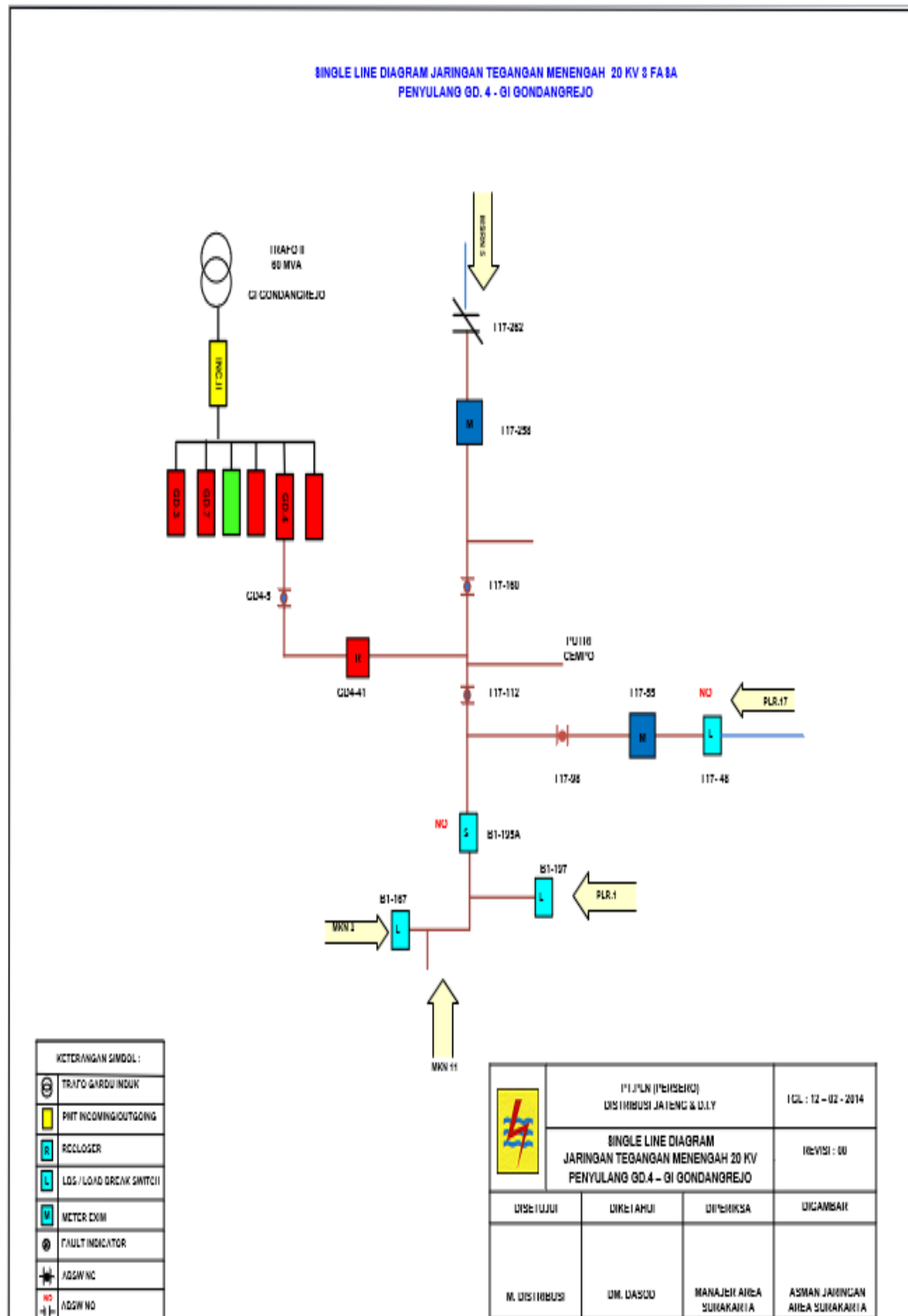
Studi literatur merupakan proses pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya, serta jurnal-jurnal yang berhubungan atau sebagai pendukung teori untuk menyelesaikan penelitian “analisis pengaruh *Distributed Generation* (DG) terhadap sistem proteksi penyulang Gondang Rejo 4”

2. Analisa data

Data yang sudah diperoleh disimulasikan menggunakan *software* ETAP 12.6.0, kemudian dianalisa koordinasi proteksi penyulang 20 kV, *Recloser* dan dampak dari penambahan *Distributed Generation* (DG).

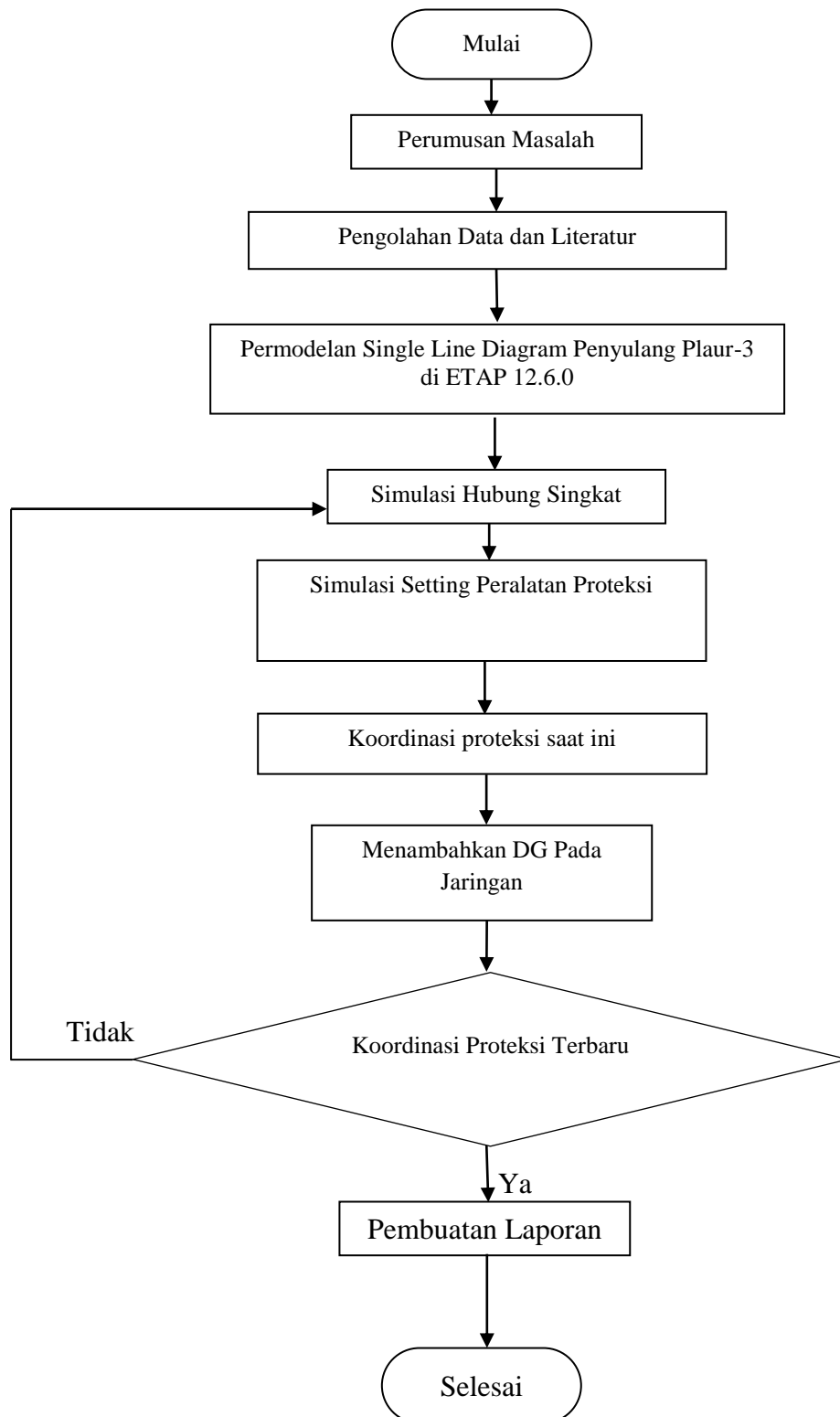


## 2.2 Single Line Penyulang Gondang Rejo 4



Gambar 1. *Single Line Diagram* Penyulang Gondang Rejo

### 2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Diambil Dari PT PLN (Persero) UP3 Surakarta

##### 3.1.1 Data Trafo Tenaga

Tabel 1. Data trafo tenaga

GARDU INDUK GONDANG REJO	
TRAFO 2-60 MVA	
PENYULANG GONDANG REJO 4	
MVA SHORT CIRCUIT DI BUS 150 KV	14 KVA
KAPASITAS TRAFO	60 MVA
IMPEDANSI TRAFO	12 %
TEGANGAN PRIMER	150 KV
TEGANGAN SEKUNDER	20 KV
BELITAN DELTA	Ynyn
ARUS NOMINAL 20 KV	1732 A
RATIO CT 20 KV	1000:1
PENTANAHAN 20 KV	0,2 ohm
R FAULT OCR	0 ohm
R FAULT GFR	52 ohm

##### 3.1.2 Data Jaringan

Tabel 2. Data jaringan

JARINGAN 20 KV	R	jX
Z1/km	0,1344	0,3158
Z0/km	0,3631	1,6180
Saluran Terpanjang	27 km	

#### 3.2 Data Diambil Dari PLTSa Putri Cempo

Tabel 3. Data PLTSa Cempo Putri

Kapasitas	5 MW
Produksi Sampah perhari	400 Ton
Asal Alat	Jerman

#### 3.3 Menghitung Data Yang Diperoleh

##### 3.3.1 Menghitung imedansi sumber

Impedansi sumber adalah nilai tahanan pada sisi 150 kV, yang mewakili semua unit pembangkit beroperasi. Adapun reaktansi (impedansi) sumber mencakup: impedansi sumber pembangkit, impedansi transformator tenaga di Pusat Listrik dan impedansi transmisi.

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{3} \times V \times I \\
 &= \sqrt{3} \times 150 \times 14 \\
 &= 3637,30 \text{ MVA}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
Z_{\text{sumber}} &= \frac{150^2}{S} \quad \text{Keterangan: } S : \text{Daya hubung singkat sisi 150 KV (VA)} \\
&= \frac{150^2}{3637,30} \quad V : \text{Tegangan sumber sisi 150 KV (V)} \\
&= 6,18 \, \Omega \quad I : \text{Arus hubung singkat 3 fase (A)}
\end{aligned}$$

Arus gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan hubung singkat disisi 20 KV maka impedansi sumber tersebut harus diubah terlebih dahulu ke sisi 20 KV, sehingga perhitungan arus gangguan hubung singkatnya nanti sudah menggunakan tegangan 20 kV.

$$\begin{aligned}
Z_{\text{sumber } 20 \text{ kv}} &= \frac{Vsisi \, 20 \text{ kv}^2 \times Z_{\text{sumber } 150 \text{ kv}}}{Vsisi \, 150 \text{ kv}^2} \\
&= \frac{20^2 \times 6,18}{150^2} \\
&= 0,109 \, \Omega
\end{aligned}$$

### 3.3.2 Menghitung Reaktansi Trafo

Nilai reaktansi trafo tenaga urutan positif sama dengan urutan negatif ( $X_{t1} = X_{t2}$ ), sedangkan nilai impedansi urutan nol trafo bergantung pada lilitan trafo.

$$\begin{aligned}
X_t &= \frac{Vsisi \, 20^2}{\text{kapasitas trafo}} \times \text{impedansi trafo} \quad (2) \\
&= \frac{20^2}{60} \times 12\% \\
&= 0,8 \, \Omega
\end{aligned}$$

Keterangan :

$X_t$  : Nilai reaktansi ( $\Omega$ )

V : Tegangan sumber sisi 20 kV (V)

### 3.3.3 Menghitung Impedansi Jaringan

Menghitung Impedansi penyulang Gondang Rejo 04 penghantarnya menggunakan AAAC 240 mm<sup>2</sup> untuk phasa.

Impedansi urutan positif dan negative

$$\begin{aligned}
Z_1 = Z_2 &= 0,1344 + j \, 0,3158 \quad \times 2,5 \text{ km} \\
&= \sqrt{0,1344^2 + 0,3158^2} \times 2,5 \text{ km} \\
&= \sqrt{0,01806 + 0,0997} \times 2,5 \text{ km} \\
&= 0,343 \times 2,5 \text{ km}
\end{aligned}$$

$$= 0,857 \, \Omega$$

### 3.3.4 Menghitung Impedansi Ekuivalen

Perhitungan Impedansi Ekuivalen adalah perhitungan besarnya nilai impedansi urutan positif ( $Z_{1ek}$ ) dan impedansi ekuivalen urutan negative ( $Z_{2ek}$ ), dari titik gangguan sampai ke sumber. Perhitungan  $Z_{1ek}$  dan  $Z_{2ek}$  langsung dapat menjumlahkan impedansi yang ada.

Impedansi Ekuivalen Positif dan Negatif di *Outgoing* 20 KV pada jarak 2,5 km dari Gardu Induk didapatkan dengan

$$\begin{aligned} Z_{1ek} = Z_{2ek} &= Z_{sumber} + Z_{trafo} + Z_{jaringan} \\ &= 0,109 + 0,8 + 0,857 \\ &= 1,766 \, \Omega \end{aligned} \quad (3)$$

### 3.3.5 Menghitung Arus Hubung Singkat 3 fasa

Arus hubung singkat yang terjadi di ,2,5 km dari Gardu Induk:

Arus Hubung Singkat 3 fase dengan persmaan

$$\begin{aligned} I_{hs \, 3 \, fase} &= \frac{V_{f-n}}{Z_1} \\ &= \frac{20 \, kv / \sqrt{3}}{1,766} \\ &= \frac{11547}{1,766} \\ &= 6538 \, A \end{aligned} \quad (4)$$

Tabel 4. Arus hubung singkat 3 fasa

Persentase	Jarak (Km)	Arus Hubung Singkat (A)
	27 KM	3 phasa
0%	0	13129,299
9%	2,5	6538,505
20%	5,4	4225,312
30%	8,1	3155,365
40%	10,8	2517,799
50%	13,5	2094,575
60%	16,2	1793,157
70%	18,9	1567,577
80%	21,6	1393,411
90%	24,3	1252,457
100%	27	1138,068

Nilai arus hubung singkat akan semakin kecil bersamaan dengan semakin jauhnya gangguan dari sumber, begitu juga saat penambahan DG. Gambar 1 *single line diagram* dan tabel 1 data PLTSa menunjukkan penyulang Gondang Rejo 4 akan terhubung ke PLTSa Putri Cempo pada 8 kms dari outgoing.

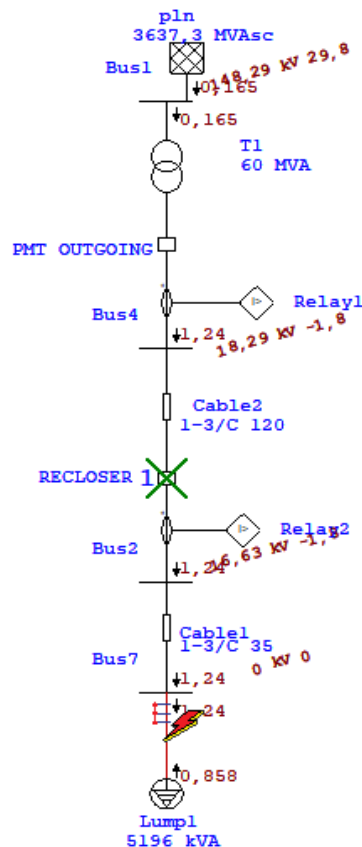
### 3.4 Nilai Setting PMT Outgoing dan Recloser

Tabel 5. Nilai Setting PMT Outgoing dan Recloser

Keterangan	PMT Outgoing	Keterangan	Recloser
	OCR		OCR
I setting	480 A	I setting	420 A
Tms	0,15	Tms	0,07
HS 1	3420 A	HCL	2400 A
t	0,3 s	t	0,04 s
HS 2	7200 A	HCT	3200 A
t	0 s	t	0 s

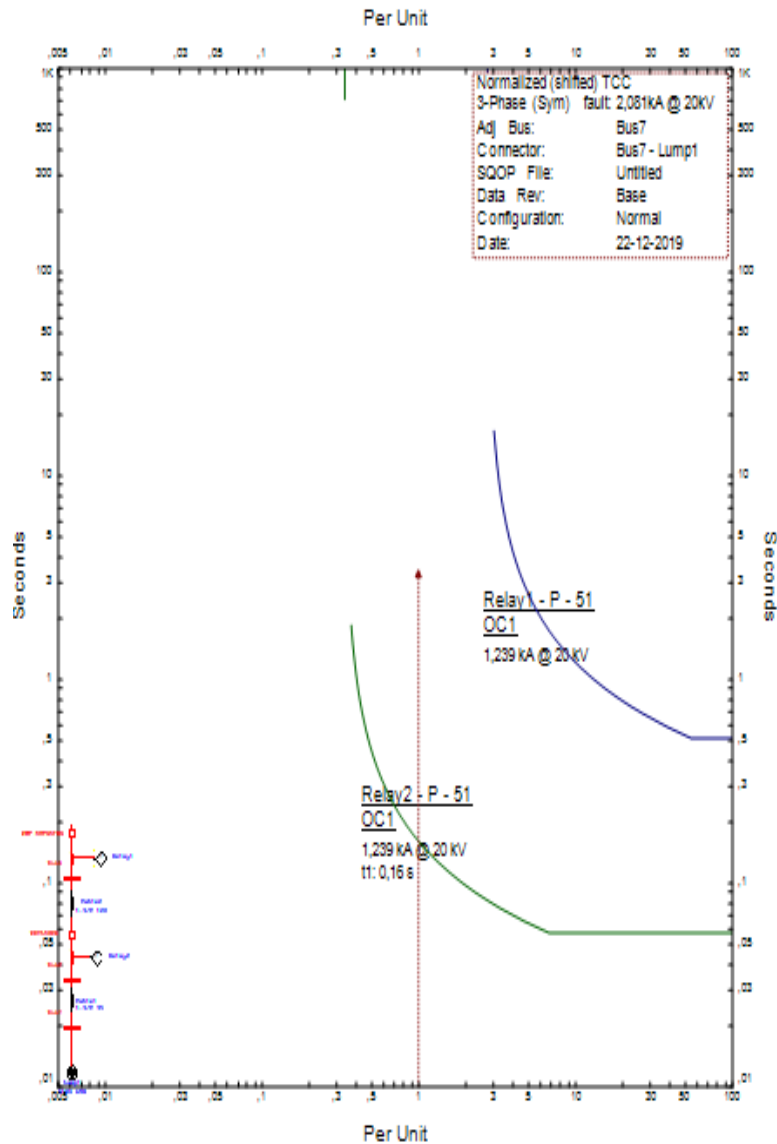
### 3.5 Analisis Simulasi

#### 3.5.1 Simulasi Koordinasi Proteksi Sebelum Penambahan DG



Gambar 3. Simulasi Koordinasi Proteksi OCR pada ETAP 12.6.0

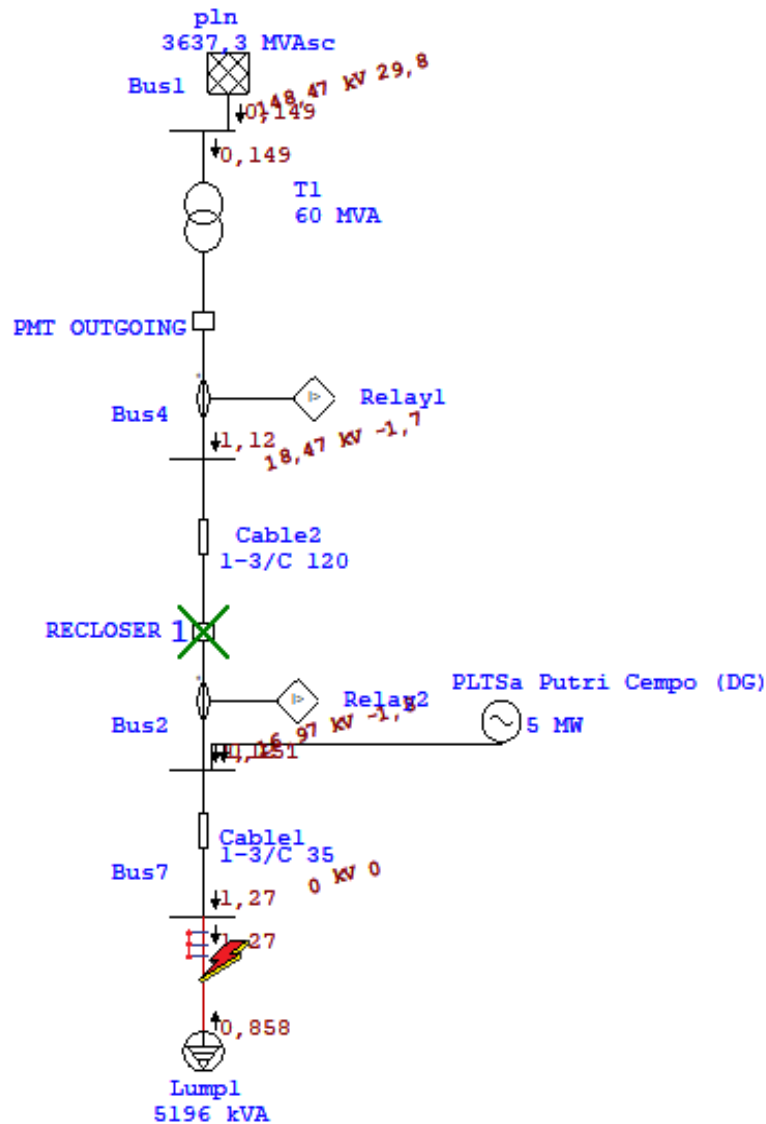
Simulasi koordinasi proteksi saat terjadi gangguan dapat dilihat pada gambar 3. *Recloser* akan membuka untuk melindungi PMT *outgoing*, sehingga gangguan dapat diminimalisir.



Gambar 4. Grafik kerja OCR pada penyulang

Berdasarkan gambar 4, relai 1 berwarna biru (PMT *Outgoing*) tidak bertabrakan dengan relai 2 berwarna hijau (*Recloser*) yang berarti sistem koordinasi proteksi pada penyulang gondang rejo 4 dapat berkoordinasi dengan baik saat terjadi gangguan.

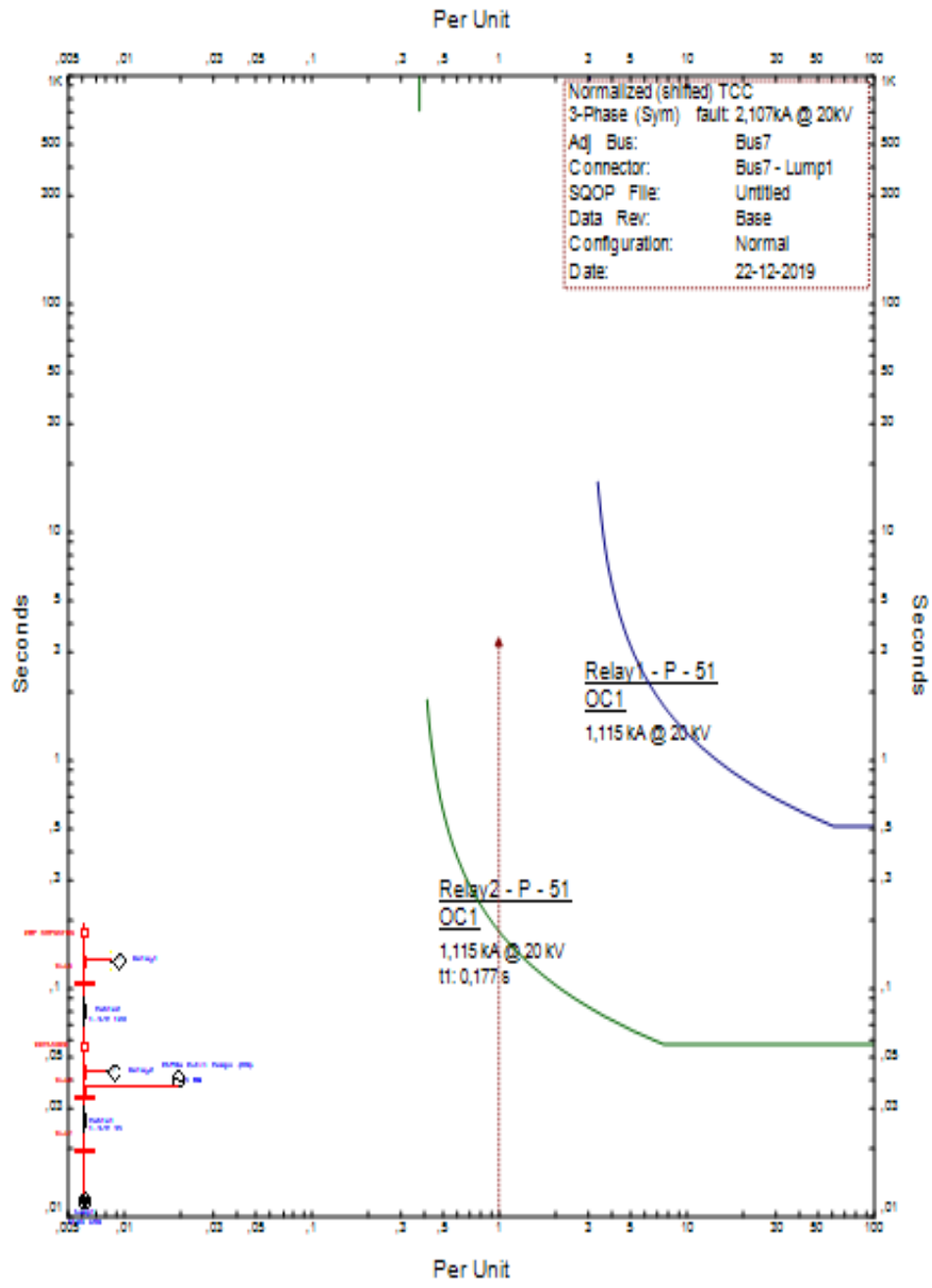
### 3.5.2 Simulasi Koordinasi Proteksi Setelah Penambahan DG



Gambar 5. Simulasi Koordinasi Proteksi OCR pada ETAP 12.6.0 Setelah penambahan DG

Simulasi koordinasi proteksi saat terjadi gangguan antara setelah penambahan DG dapat dilihat dari gambar 5. Penambahan DG sebesar 5 MW yang berasal dari PLTSa Putri Cempo tidak mempengaruhi sistem koordinasi proteksi pada penyulang. *Recloser* akan tetap membuka untuk melindungi PMT *outgoing*, sehingga gangguan dapat diminimalisir.





Gambar 6. Grafik kerja OCR pada penyulang Setelah Penambahan DG

Relai 1 berwarna biru (PMT *Outgoing*) tidak bertabrakan dengan relai 2 berwarna hijau (*Recloser*) yang berarti sistem koordinasi proteksi pada penyulang gondang rejo 4 dapat berkoordinasi dengan baik saat terjadi gangguan, seperti yang terlihat pada gambar 6.

Perbedaan antara grafik kerja sebelum dan sesudah penambahan *Distributed Generation* terdapat pada Nilai Arus hubung singkat yang semakin kecil dari awalnya 1,239 KA menjadi 1,115 KA dan waktu kerja relai (t) diperlambat dari 0,16 s menjadi 0,177 s. Semakin kecil nilai arus hubung singkat maka waktu kerja semakin lambat.

#### **4. PENUTUP**

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dengan pengambilan data pada PT PLN (persero) UP3 Surakarta dan PLTSa Cempo Putri dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem koordinasi proteksi pada penyulang Gondang Rejo 4 masih dapat di gunakan, meskipun telah terjadi penambahan DG. Karena Grafik antara PMT *outgoing* dan *recloser* masih berkoordinasi dengan baik.
2. Sistem Proteksi hanya merasakan arus hubung singkat dari gardu induk, walaupun terjadi penambahan DG menyebabkan kenaikan arus hubung singkat tidak akan mengganggu sistem proteksi.
3. Akibat dari penambahan *Distributed Generation* akan memperlambat waktu kerja *recloser*.

#### **PERSANTUNAN**

Syukur alhamdulillah senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan, Bapak Umar,S.T,M.T selaku pembimbing tugas akhir ini,serta teman-teman *transfer* Universitas Muhammadiyah Surakarta 2018

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Ashifa, Danu. 2018. *Usulan Resetting PMT Outgoing dan Recloser pada Penyulang Kedungombo 02 Trafo I untuk Optimalisasi Keandalan Proteksi Jaringan Distribusi 20 kv di PT. PLN (Persero) APD JATENG dan DIY. Tugas Akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro: Semarang*

- Hudananta, Septiantoro. 2017. *Studi koordinasi sistem proteksi arus lebih pada jaringan distribusi akibat pemasangan distributed generation*. Tesis. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Khomarudin, Riki. 2019 . “*distributed generation hosting capacity* di sistem distribusi bantul dengan metode *ant lion optimizer algorithm*”. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta
- Maudya, Eka. 2017. *Koordinasi proteksi PMT Outgoing dengan Recloser pada Penyulang KPK 14 di Gardu Induk Krapyak* di PT. PLN (Persero) APD JATENG dan DIY. Tugas Akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta
- Oktavian, Randy N. 2018. *Evaluasi Koordinasi proteksi PMT Outgoing dengan Recloser pada Penyulang SRL 08 di Gardu Induk Srandol* di PT. PLN (Persero) APD JATENG dan DIY. Tugas Akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta
- Sarimun, Wahyudi. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok. Garamond
- Singh, Manohar. 2017. *Protection coordination in distribution systems with and without distributed energy resources a review*, Protection and Control of Modern Power Systems.
- Sukumar, Shivashankar. 2017. *Progress on Protection Strategies to Mitigate the Impact of Renewable Distributed Generation on Distribution Systems*. University of Malaya : Kuala Lumpur
- Triana, Eri. 2018. *Koordinasi Proteksi PMT Outgoing dan Recloser KLS 01* di PT. PLN (Persero) APD JATENG dan DIY. Tugas Akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta